

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-175639

(43)Date of publication of application : 21.06.2002

(51)Int.Cl.

G11B 7/135

G02B 3/02

G02B 3/08

G02B 5/18

G02B 13/00

G02B 13/18

(21)Application number : 2001-259255

(71)Applicant : ASAHI OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 29.08.2001

(72)Inventor : TAKEUCHI SHUICHI  
MARUYAMA KOICHI

(30)Priority

Priority number : 2000294918

Priority date : 27.09.2000

Priority country : JP

(54) OPTICAL SYSTEM AND OBJECTIVE LENS FOR OPTICAL HEAD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical system for an optical head that the focal distance of an objective lens is reduced while the operating distance is secured and that a numerical aperture can be properly set without preparing an independent diaphragm.

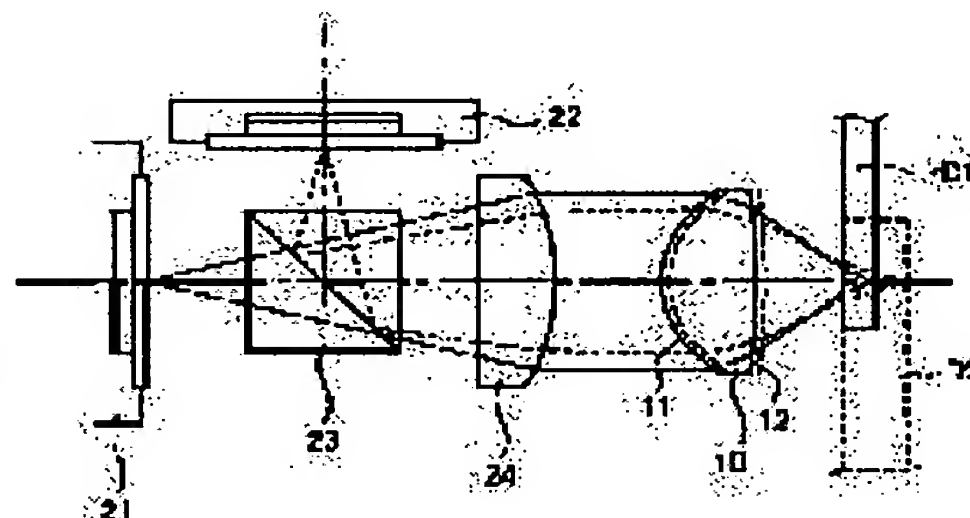
SOLUTION: In the case of using an optical disk D1

having a thin protective layer, a laser beam with a short wavelength emitted from a first laser module 21 is made incident on the objective lens 10 as a parallel light beam through a collimator lens 24 and converged on a recording surface. In the case of using an optical disk D2

having a thick protective layer, a laser beam with a long wavelength emitted from a second laser module 22 is made incident on the objective lens 10 as a divergent light beam and converged on the recording surface. A diffraction lens structure formed on the high NA

dedicated region RE of the objective lens 10 becomes the large numerical aperture, for the purpose of properly compensating the spherical aberration, when the laser

beam with a short wavelength is converged on the optical disk D1, and becomes the small numerical aperture, for the purpose of producing the spherical aberration, when the laser beam with a long wavelength is converged on the optical disk D2.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-175639  
(P2002-175639A)

(43)公開日 平成14年6月21日(2002.6.21)

| (51)Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I           | テマコード(参考)   |
|--------------------------|-------|---------------|-------------|
| G 1 1 B                  | 7/135 | G 1 1 B 7/135 | A 2 H 0 4 9 |
| G 0 2 B                  | 3/02  | G 0 2 B 3/02  | Z 2 H 0 8 7 |
|                          | 3/08  | 3/08          | 5 D 1 1 9   |
|                          | 5/18  | 5/18          |             |

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-259255(P2001-259255)  
(22)出願日 平成13年8月29日(2001.8.29)  
(31)優先権主張番号 特願2000-294918(P2000-294918)  
(32)優先日 平成12年9月27日(2000.9.27)  
(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000000527  
旭光学工業株式会社  
東京都板橋区前野町2丁目36番9号  
(72)発明者 竹内 修一  
東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光  
学工業株式会社内  
(72)発明者 丸山 晃一  
東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光  
学工業株式会社内  
(74)代理人 100098235  
弁理士 金井 英幸

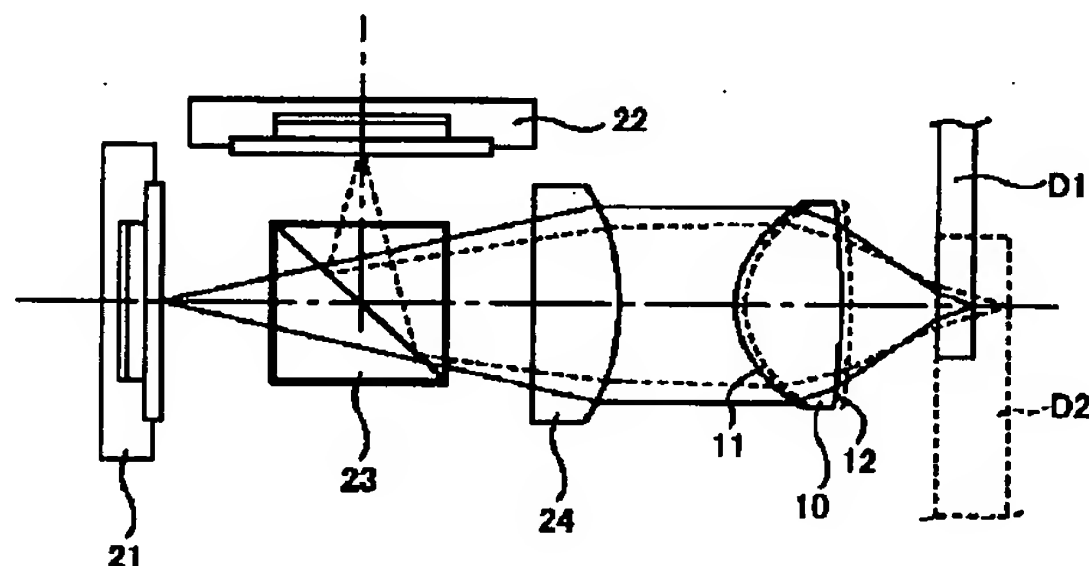
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光ヘッドの光学系および光ヘッド用対物レンズ

(57)【要約】

【課題】 作動距離を確保しつつ対物レンズの焦点距離を短くし、独立の絞りを設けることなく開口数を適切に設定することが可能な光ヘッドの光学系を提供すること。

【解決手段】 保護層が薄い光ディスクD1の使用時、第1のレーザーモジュール21から発した短波長のレーザー光は、コリメートレンズ24を介して平行光として対物レンズ10に入射し、記録面に集光される。保護層が厚い光ディスクD2の使用時、第2のレーザーモジュール22から発した長波長のレーザー光は、発散光として対物レンズ10に入射し、記録面に集光される。対物レンズ10の高NA専用領域REに形成された回折レンズ構造は、短波長のレーザー光を光ディスクD1に集光させる際には球面収差を良好に補正するため開口数が大きくなり、長波長のレーザー光を光ディスクD2に集光させる際には球面収差を発生させるため開口数が小さくなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1のレーザー光と該第1のレーザー光より波長が長い第2のレーザー光とを選択的に発する光源部と、前記第1のレーザー光を第1の光ディスクの保護層を介して記録面上に集光させると共に、前記第2のレーザー光を前記第1の光ディスクより保護層が厚く記録密度が低い第2の光ディスクの記録面上に集光させる対物レンズとを備える光ヘッドの光学系において、前記光源部は、前記第2のレーザー光を発散光として前記対物レンズに対して入射させ、前記第1のレーザー光を前記第2のレーザー光より発散度の弱い光束として前記対物レンズに入射させ、前記対物レンズのレンズ面は、前記第2の光ディスクに必要な充分な低NAの光束が透過する共用領域と、前記第1の光ディスクに対してのみ必要な高NAの光束が透過する高NA専用領域とに区分され、該高NA専用領域には、微細な段差を有する複数の同心の輪帯から成る回折レンズ構造が形成され、該回折レンズ構造は、前記第1のレーザー光を前記第1の光ディスクの記録面に集光させる際には収差を補正すると共に、前記第2のレーザー光を前記第2の光ディスクの記録面に集光させる際には収差を発生させることにより、前記共用領域を透過した光束により形成されるスポットに対し、前記高NA専用領域を透過した光束を拡散させることを特徴とする光ヘッドの光学系。

【請求項2】 前記対物レンズの高NA専用領域に形成された回折レンズ構造は、波長により球面収差を変化させることを特徴とする請求項1に記載の光ヘッドの光学系。

【請求項3】 前記対物レンズの共用領域は、段差のない連続面として形成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の光ヘッドの光学系。

【請求項4】 前記対物レンズの共用領域には、微細な段差を有する複数の同心の輪帯から成る回折レンズ構造が形成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の光ヘッドの光学系。

【請求項5】 第1のレーザー光を第1の光ディスクの保護層を介して記録面上に集光させると共に、前記第1のレーザー光より長波長の第2のレーザー光を前記第1の光ディスクより厚い保護層を有し記録密度が低い第2の光ディスクの保護層を介して記録面上に集光させる単

レンズであって、いずれか一方のレンズ面が前記第2の光ディスクに必要な充分な低NAの光束が透過する共用領域と、前記第1の光ディスクに対してのみ必要な高NAの光束が透過する高NA専用領域とに区分され、前記高NA専用領域には、微細な段差を有する複数の同心の輪帯から成る回折レンズ構造が形成され、該回折レンズ構造は、前記第1の光ディスクに対する収差を補正すると共に、前記第2の光ディスクに対しては収差を発生させて光束を拡散させることを

特徴とする光ヘッド用対物レンズ。

【請求項6】 前記対物レンズの高NA専用領域に形成された回折レンズ構造は、波長により球面収差を変化させることを特徴とする請求項5に記載の光ヘッド用対物レンズ。

【請求項7】 前記共用領域は、段差のない連続面として形成されていることを特徴とする請求項5または6に記載の光ヘッド用対物レンズ。

【請求項8】 前記共用領域には、微細な段差を有する複数の同心の輪帯から成る回折レンズ構造が形成されていることを特徴とする請求項5または6に記載の光ヘッド用対物レンズ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、記録密度が異なる2種類の光ディスクに対して利用可能な光ヘッドの光学系、およびこのような光ヘッドに用いられる対物レンズに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 光ディスクには、記録面をカバーする保護層の厚さや記録密度が異なる複数の規格がある。例えば、CD(コンパクトディスク)やCD-R(CDレコーディング)は、厚さ1.20mmの保護層を有し、記録密度が低い。これに対して、DVD(デジタルバーサタイルディスク)は、厚さ0.60mmの保護層を有し、記録密度が高い。

【0003】 光ディスクの記録・再生に用いられる光ヘッドの光学系は、半導体レーザーと、この半導体レーザーから発したレーザー光を光ディスクの記録面上に収束させる対物レンズと、光ディスクからの反射光を受光するセンサとを備えている。装置の小型化のためには、単一の対物レンズを異なる規格の光ディスクに対して兼用することが望ましく、さらには、装置の薄型化のため、対物レンズの焦点距離は短い方が望ましい。

【0004】 ただし、対物レンズに入射するレーザー光が平行光である場合には、焦点距離を短くすると、保護層の厚さが厚いCD、CD-Rに対して必要な作動距離を確保することが難しくなる。

【0005】 一方、光ディスクの記録／再生に必要な開口数(NA)は、光ディスクの記録密度に応じて異なる。記録密度が高いDVDについては小さいスポットを形成するために0.60程度のNAが必要となるのに対し、記録密度の低いCDについては0.45程度のNAが要求される。トラック幅に対してスポット径が小さすぎると、特にCD(コンパクトディスク)のように光の回折を利用して信号を再生する方式では、十分な回折効果が得られずに信号を読み落とす可能性があるため、CD使用時には開口数を小さくするためにDVD使用時より対物レンズに入射する光束径を絞る必要がある。

【0006】 そこで、従来の光ヘッドは、NAを変化さ



せるために機械的に開口径を変化させる可変絞りを対物レンズの入射側に設け、あるいは、CD使用時とDVD使用時とで光源部の発光波長が異なることを利用して、波長選択性の絞りを設けている。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の光ヘッドのように、対物レンズの入射側に絞りを設ける場合には、絞りを配置するスペースが必要となるために光学系の小型化を妨げるという問題がある。

【0008】この発明は、上述した従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、保護層の厚い光ディスクに対して作動距離を確保しつつ対物レンズの焦点距離を短くすることができ、かつ、対物レンズの手前に独立の絞りを設けることなく開口数を適切に設定することが可能な光ヘッドの光学系を提供することを目的とする。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】この発明にかかる光ヘッドの光学系は、上記の目的を達成させるため、対物レンズの高NA専用領域に、短波長の第1のレーザー光を保護層が薄く記録密度が高い第1の光ディスクに集光させる際の収差を補正すると共に、長波長の第2のレーザー光を保護層が厚く記録密度が低い第2の光ディスクに集光させる際には収差を発生させる回折レンズ構造を形成したことを特徴とする。

【0010】すなわち、この発明にかかる光ヘッドの光学系は、第1のレーザー光と第2のレーザー光とを選択的に発する光源部と、第1のレーザー光を第1の光ディスクの保護層を介して記録面上に集光させると共に、第2のレーザー光を第2の光ディスクの記録面上に集光させる上記の対物レンズとを備える。光源部は、第2のレーザー光を発散光として対物レンズに対して入射させ、第1のレーザー光を第2のレーザー光より発散度の弱い光束として対物レンズに入射させる。第1のレーザー光は、平行光、弱い収束光、あるいは、第2のレーザー光より弱い発散光とすることができる。対物レンズのレンズ面は、第2の光ディスクに必要な充分な低NAの光束が透過する共用領域と、第1の光ディスクに対してのみ必要な高NAの光束が透過する高NA専用領域とに区分され、この高NA専用領域には、微細な段差を有する複数の同心の輪帯から成る回折レンズ構造が形成されている。回折レンズ構造は、上記のように第1のレーザー光を第1の光ディスクの記録面に集光させる際には収差を補正すると共に、第2のレーザー光を第2の光ディスクの記録面に集光させる際には収差を発生させることにより、共用領域を透過した光束により形成されるスポットに対し、高NA専用領域を透過した光束を拡散させる。

【0011】記録密度の高い第1の光ディスクの記録・再生時には、波長の短い第1のレーザー光が用いられる。回折レンズ構造は、第1のレーザー光を第1の光ディスクに集光させる際の収差を補正するため、第1のレ

ーザー光に対しては対物レンズのNAが比較的大きくなり、スポット径を小さく絞ることができる。記録密度の低い第2の光ディスクの記録・再生時には、波長の長い第2のレーザー光が用いられる。回折レンズ構造は、第2のレーザー光を第2の光ディスクに集光させる際には収差を発生させるため、高NA専用領域に入射した第2のレーザー光は拡散し、スポットの形成には寄与しない。したがって、第2のレーザー光に対しては対物レンズのNAが実質的に比較的小さくなり、そのスポット径を第1のレーザー光によるスポット径より大きくすることができる。

【0012】対物レンズの共用領域は、段差のない連続面として形成してもよいし、回折レンズ構造を形成してもよい。共用領域に回折レンズ構造を形成する場合には、主として色収差の補正機能を持たせることが望ましい。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】以下、この発明にかかる光ヘッドの光学系の実施形態を説明する。最初に光学系の全体構成について説明し、続いて対物レンズの実施例を説明する。実施形態の光ヘッドは、記録密度の異なる2種類の光ディスク、この例では記録密度の高いDVD(デジタルバーサタイルディスク)と記録密度の低いCD(コンパクトディスク)、CD-R(CDレコーダブル)に対して記録あるいは再生が可能である。

【0014】図1は実施形態にかかる光ヘッドの光学系の説明図である。この光学系は、第1レーザーモジュール21、第2レーザーモジュール22、ビームコンバイナ23、コリメートレンズ24、対物レンズ10で構成されている。各モジュール21、22は、半導体レーザーとセンサーとを一体化した素子である。対物レンズ10は、図示しない公知のフォーカシング機構によりその光軸方向に移動可能であり、かつ、トラッキング機構により光ディスクの半径方向にも移動可能である。

【0015】DVD等の0.6mmの保護層を有する高記録密度の第1の光ディスクD1を使用するためには、小さいビームスポットを作るために波長635~665nmの赤色光が必要とされ、CD、CD-R等の1.2mmの保護層を有する低記録密度の第2の光ディスクD2のうち、少なくともCD-Rを使用するためには、その分光反射率の関係で近赤外光が必要となる。そこで、第1のレーザーモジュール21は、発振波長650nmの半導体レーザーを備え、第2のレーザーモジュール22は、発振波長780nmの半導体レーザーを備える。

【0016】なお、第1レーザーモジュール21は、コリメートレンズ24から発した第1のレーザー光が平行光として対物レンズ10に入射するように、すなわち、対物レンズの物体距離が無限遠となるように、コリメートレンズ24の前側焦点に一致して配置されている。これに対して、第2のレーザーモジュール22は、コリメ

ートレンズ24から発した第2のレーザー光が発散光として対物レンズ10に入射するように、すなわち、対物レンズの物体距離が有限となるように、コリメートレンズ24の前側焦点よりコリメートレンズ24側に接近して配置されている。図1では、第1レーザーモジュール21から発した第1のレーザー光が平行光として対物レンズ10に入射する例について説明しているが、第1のレーザー光は第2のレーザー光より発散度の弱い光束であれば足り、平行光の他、弱い収束光としてもよい、第2のレーザー光より弱い発散光としてもよい。

【0017】第1の光ディスクD1(図中実線で示す)の使用時には、第1のレーザーモジュール21を作動させる。対物レンズ10は図2中に実線で示した位置に配置され、第1のレーザーモジュール21の半導体レーザーから発した波長650nmの第1のレーザー光は、図中実線で示したように平行光として対物レンズ10に入射し、対物レンズ10により集光されて第1の光ディスクD1の記録面にビームスポットを形成する。他方、第2の光ディスクD2(図中破線で示す)の使用時には、第2のレーザーモジュール22を作動させる。対物レンズ10は図中破線で示したように、光ディスクに近づいた位置に配置される。第2のレーザーモジュール22の半導体レーザーから発した波長780nmの第2のレーザー光は、図中破線で示したように発散光として対物レンズ10に入射し、対物レンズ10により集光されて第2の光ディスクD2の記録面にビームスポットを形成する。

【0018】各光ディスクからの反射光は、各モジュールに設けられた受光素子により受光され、フォーカシングエラー信号、トラッキングエラー信号、そして再生時には記録された情報の再生信号が検出される。

【0019】このように第2の光ディスクの使用時に発散光を入射させることにより、平行光を入射させるよりビームスポットの位置を対物レンズ10から離すことができ、対物レンズの焦点距離を短くして第1の光ディスク使用時の作動距離を短くした場合にも、第2の光ディスクD2に対する作動距離を十分に確保することが可能となる。したがって、装置全体を薄型化することができる。

【0020】次に、図2に基づいて対物レンズ10の構造について詳細に説明する。図2は、実施形態にかかる対物レンズ10を示す説明図であり、(A)は正面図、(B)は縦断面図、(C)は縦断面の一部拡大図である。

【0021】対物レンズ10は、非球面である2つのレンズ面11、12を有する両凸の樹脂製単レンズである。対物レンズ10の第1面11は、図2(A)に示すように、記録密度の低い第2の光ディスクD2に必要十分な低NAの光束が透過する共用領域RCと、この共用領域RCの周囲に位置し、記録密度の高い第1の光ディスクD1に対してのみ必要な高NAの光束が透過する高NA専用領域REとに区分される。共用領域RCは、NA0.45~0.50程度の

光束が透過する位置より内側の領域であり、高NA専用領域REは、それより外側でおおよそNA0.60の光束が透過する位置より内側の領域である。

【0022】第1面11の高NA専用領域REには、図2(A)に示したように光軸を中心とする同心輪帯状の回折レンズ構造が形成されている。回折レンズ構造は、図2(C)に示す通り、フレネルレンズのように各輪帯の境界に光軸方向の段差を持つ。第1面11の共用領域RCと、第2面12の全域とは、回折レンズ構造を持たない連続面である。

【0023】高NA専用領域REに形成される回折レンズ構造は、波長により球面収差を変化させる特性を有し、第1のレーザー光を第1の光ディスクに集光させる際には球面収差を良好に補正し、第2のレーザー光を第2の光ディスクに集光させる際には球面収差を発生させる。したがって、第1の光ディスクD1の使用時には、共用領域RC、高NA専用領域REに入射した第1のレーザー光が共に同一の位置に集光し、NAが比較的大きくなるためにスポット径を小さく絞ることができる。他方、第2の光ディスクD2の使用時には、高NA専用領域REに入射した第2のレーザー光は拡散し、共用領域RCに入射したレーザー光のみがビームスポットを形成するため、NAが実質的に小さくなり、スポット径が第1のレーザー光によるスポット径より大きくなる。

【0024】なお、図2の例では、対物レンズ10の第1面11の高NA専用領域REにのみ回折レンズ構造を形成しているが、共用領域RCにも例えば色収差を補正するための回折レンズ構造を形成してもよい。また、回折レンズ構造を形成するのは第1面11に限られず、第2面12に形成してもよい。次に、上述した実施形態に基づく対物レンズ10の具体的な実施例を5例提示する。

【0025】

【実施例1】図3は、実施例1にかかる対物レンズ10と第1の光ディスクD1、第2の光ディスクD2とを示すレンズ図である。実施例1の対物レンズ10の具体的な数値構成は、表1に示されている。実施例1の対物レンズ10の第1面11は、光軸からの高さ $h$ が $0 \leq h < 1.50$ を満たす共用領域RCと $1.50 \leq h$ となる高NA専用領域REとに区分され、共用領域RCは段差のない連続面、高NA専用領域REには波長により球面収差を変化させる回折レンズ構造が形成されている。共用領域RCと高NA専用領域REのベースカーブ(回折レンズ構造を除く屈折レンズとしての形状)とは別個の係数で定義される独立した非球面である。また、第2面12は回折レンズ構造を有さない回転対称非球面である。

【0026】第1面11の共用領域RCの非球面、高NA専用領域のベースカーブ、および第2面12の非球面の形状は、光軸からの高さ $h$ となる非球面上の座標点の非球面の光軸上での接平面からの距離(サグ量)を $X(h)$ 、非球面の光軸上での曲率( $1/r$ )を $C$ 、円錐係数を $K$ 、4

次、6次、8次、10次、12次の非球面係数を $A_4, A_6, A_8, A_{10}, A_{12}$ として、以下の式で表される。

$$X(h) = Ch^2 / (1 + \sqrt{1 - (1+K)C^2h^2}) + A_4h^4 + A_6h^6 + A_8h^8 + A_{10}h^{10} + A_{12}h^{12}$$

【0027】また、回折レンズ構造による光路長の付加量は、光軸からの高さ $h$ 、 $n$ 次(偶数次)の光路差関数係数 $P_n$ 、回折次数 $m$ 、波長 $\lambda$ を用いて、

$\phi(h) = (P_2h^2 + P_4h^4 + P_6h^6 + \dots) \times m \times \lambda$   
により定義される光路差関数 $\phi(h)$ により表すことができる。光路差関数 $\phi(h)$ は、回折面上での光軸からの高さ $h$ の点において、回折レンズ構造により回折されなかった場合の仮想的な光線と、回折レンズ構造により回折された光線との光路差を示す。付加量は、軸上の光路に対して光路が長くなる方向を正として表す。

【0028】実際の回折レンズ構造の微細形状は、上記の光路差関数で表わされる光路長から波長の整数倍の成分を消去することにより決定される。すなわち、輪帯幅は、例えば1次回折光を用いる場合には、輪帯の内周と

$$\begin{aligned} NA_1 &= 0.60 & f_1 &= 3.00 & \lambda_1 &= 650\text{nm} & WD_1 &= 1.61 & OD_1 &= \infty \\ NA_2 &= 0.46 & f_2 &= 3.02 & \lambda_2 &= 780\text{nm} & WD_2 &= 1.43 & OD_2 &= -52.0 \end{aligned}$$

第1面

共用領域( $0 \leq h < 1.50$ )

近軸曲率半径  $r$  1.870

非球面係数

$\kappa$  -0.500

$A_4$   $-2.12 \times 10^{-4}$

$A_6$   $1.47 \times 10^{-4}$

$A_8$   $-8.23 \times 10^{-5}$

$A_{10}$   $6.09 \times 10^{-5}$

$A_{12}$   $-1.92 \times 10^{-5}$

高NA専用領域( $1.50 \leq h$ )

ベースカーブ

近軸曲率半径  $r$  1.915

非球面係数

$\kappa$  -0.500

$A_4$   $-3.00 \times 10^{-4}$

$A_6$   $1.14 \times 10^{-3}$

$A_8$   $-8.30 \times 10^{-4}$

$A_{10}$   $3.20 \times 10^{-4}$

$A_{12}$   $-5.14 \times 10^{-5}$

回折レンズ構造

光路差関数係数

$P_2$  -5.23

$P_4$  0.00

$P_6$  0.00

$P_8$  0.00

$P_{10}$  0.00

$P_{12}$  0.00

第1面第2面間隔  $d$  1.80

レンズ屈折率  $nd$  1.5436

外周とで光路差関数が一波長分の差を持つように決定され、輪帯間の段差は、入射光に1波長の光路長差を与えるように決定される。

【0029】表1では、第1面11の共用領域RCの非球面形状を定義する各係数、第1面11の高NA専用領域REのベースカーブと回折レンズ構造とを定義する各係数、面間隔、 $d$ 線の屈折率、アッベ数 $v_d$ 、そして、第2面の非球面形状を定義する各係数が示されている。表中、 $NA_1, f_1, \lambda_1, WD_1, OD_1$ は、それぞれ第1の光ディスク $D_1$ 使用時の開口数、対物レンズの焦点距離(単位:mm)、波長(単位:nm)、作動距離(単位:mm)、物体距離(単位:mm)であり、 $NA_2, f_2, \lambda_2, WD_2, OD_2$ は、それぞれ第2の光ディスク $D_2$ 使用時の開口数、対物レンズの焦点距離(単位:mm)、波長(単位:nm)、作動距離(単位:mm)、物体距離(単位:mm)である。

【0030】

【表1】



|          |         |                        |
|----------|---------|------------------------|
| レンズアッベ数  | $\nu_d$ | 55.7                   |
| ディスク屈折率  | $n_d$   | 1.5855                 |
| ディスクアッベ数 | $\nu_d$ | 29.9                   |
| 第2面      |         |                        |
| 近軸曲率半径   | $r$     | -8.109                 |
| 非球面係数    |         |                        |
| $\kappa$ |         | 0.00                   |
| A4       |         | $1.68 \times 10^{-2}$  |
| A6       |         | $-2.57 \times 10^{-3}$ |
| A8       |         | $2.20 \times 10^{-4}$  |
| A10      |         | $-1.68 \times 10^{-4}$ |
| A12      |         | $2.93 \times 10^{-5}$  |

【0031】図4(A)は、実施例1の対物レンズ10の第1の光ディスクD1に対する波長650nmにおける球面収差SAおよび正弦条件SCを示し、図4(B)は、波長650nm, 645nm, 655nmにおける球面収差により表される色収差を示す。各グラフ(A), (B)の横軸は収差の発生量を示し(単位: mm)、縦軸は開口数NAを示す。第1の光ディスクD1を使用する際には、第1のレーザー光(波長650nm)を平行光(物体距離 $\infty$ )として入射させる。このとき、高NA専用領域REは収差補正機能を発揮するため、共用領域RCを透過したレーザー光と、高NA専用領域を透過したレーザー光とが共に一点に集光し、第1の光ディスクの記録・再生に十分なサイズの小径のビームスポットを形成する。

【0032】また、図5(A)は、実施例1の対物レンズ10の第2の光ディスクD2に対する波長780nmにおける球面収差SAおよび正弦条件SCを示し、図5(B)は、波長780nm, 775nm, 785nmにおける球面収差により表される色収差を示す。第2の光ディスクD2を使用する際には、第2のレーザー光(波長780nm)を発散光(物体距離-52.0mm)として入射させる。このとき、高NA専用領域REは図5(A)に示すように球面収差を発生させるため、図6(A)のスポットダイアグラムおよび図6(B)の強度分布グラフに示されるように、共用領域RCを透過したレーザー光のみが中心部に第2の光ディスクD2の利用に適したサイズのビームスポットを形成し、高NA専用領域REを透過したレーザー光はビームスポットから離れた位置でリング状に拡散する。なお、図3では、第2のレーザー光は共用領域RCのみに入射する光束径で表されているが、これは第2の光ディスクD2上で有効にスポットを形成する部分のみを示している。実際には、第2のレーザー光も第1のレーザー光と同様に高NA専用領域REにも入射するが、上記のように高NA専用領域REに形成された回折レンズ構造の作用により拡散され、スポット形成には寄与しないため、この部分の図示を省略している(以下の実施例でも同様)。

#### 【0033】

【実施例2】表2は、実施例2の対物レンズの具体的な数値構成を示す。実施例2の対物レンズは、基本形状が

実施例1の対物レンズと同一であり、第1面の高NA専用領域REに形成された回折レンズ構造の構成が異なるのみであるため、この領域の数値のみ表示する。また、外形は図3と同一であるため、レンズ図は省略する。

#### 【0034】

##### 【表2】第1面

高NA専用領域( $1.50 \leq h$ )

ベースカーブ

近軸曲率半径  $r$  1.904

非球面係数

$\kappa$  -0.500

A4  $1.92 \times 10^{-3}$

A6  $1.49 \times 10^{-3}$

A8  $-1.02 \times 10^{-3}$

A10  $3.95 \times 10^{-4}$

A12  $-6.14 \times 10^{-5}$

回折レンズ構造

30 光路差関数係数

$P_2$  -3.97

$P_4$  2.00

$P_6$  0.00

$P_8$  0.00

$P_{10}$  0.00

$P_{12}$  0.00

【0035】図7(A)は、実施例2の対物レンズの第1の光ディスクD1に対する波長650nmにおける球面収差SAおよび正弦条件SCを示し、図7(B)は、波長650nm, 645nm, 655nmにおける球面収差により表される色収差を示す。第1の光ディスクD1を使用する際には、第1のレーザー光(波長650nm)を平行光(物体距離 $\infty$ )として入射させる。このとき、高NA専用領域REは収差補正機能を発揮するため、共用領域RCを透過したレーザー光と、高NA専用領域REを透過したレーザー光とが共に一点に集光し、第1の光ディスクの記録・再生に十分なサイズの小径のビームスポットを形成する。

【0036】また、図8(A)は、実施例2の対物レンズの光ディスクD2に対する波長780nmにおける球面収差SAおよび正弦条件SCを示し、図8(B)は、波長780nm, 7



75nm, 785nmにおける球面収差により表される色収差を示す。第2の光ディスクD2を使用する際には、第2のレーザー光(波長780nm)を発散光(物体距離-52.0mm)として入射させる。このとき、高NA専用領域REは図8(A)に示すように球面収差を発生させるため、図9(A)のスポットダイアグラムおよび図9(B)の強度分布グラフに示されるように、共用領域RCを透過したレーザー光のみが中心部に第2の光ディスクD2の利用に適したサイズのビームスポットを形成し、高NA専用領域REを透過したレーザー光はビームスポットから離れた位置で外側に向けて発散する。

【0037】

【実施例3】図10は、実施例3にかかる対物レンズ1

NA<sub>1</sub>=0.60 f<sub>1</sub>=3.00 λ<sub>1</sub>=650nm WD<sub>1</sub>=1.63 OD<sub>1</sub>=∞  
 NA<sub>2</sub>=0.46 f<sub>2</sub>=3.02 λ<sub>2</sub>=780nm WD<sub>2</sub>=1.45 OD<sub>2</sub>=-52.0

第1面

共用領域(0 ≤ h &lt; 1.50)

ベースカーブ

近軸曲率半径 r 1.935

非球面係数

κ -0.500

A<sub>4</sub> -5.14 × 10<sup>-4</sup>A<sub>6</sub> 6.75 × 10<sup>-4</sup>A<sub>8</sub> -1.36 × 10<sup>-4</sup>A<sub>10</sub> 4.17 × 10<sup>-5</sup>A<sub>12</sub> -2.00 × 10<sup>-5</sup>

回折レンズ構造

光路差関数係数

P<sub>2</sub> -2.00P<sub>4</sub> -1.54P<sub>6</sub> 3.70 × 10<sup>-1</sup>P<sub>8</sub> 0.00P<sub>10</sub> 0.00P<sub>12</sub> 0.00

高NA専用領域(1.50 ≤ h)

ベースカーブ

近軸曲率半径 r 1.926

非球面係数

κ -0.500

A<sub>4</sub> 7.55 × 10<sup>-4</sup>A<sub>6</sub> 3.00 × 10<sup>-6</sup>A<sub>8</sub> -3.27 × 10<sup>-4</sup>A<sub>10</sub> 8.90 × 10<sup>-5</sup>A<sub>12</sub> -2.68 × 10<sup>-5</sup>

回折レンズ構造

光路差関数係数

P<sub>2</sub> -9.97 × 10<sup>-1</sup>P<sub>4</sub> -3.60 × 10<sup>-1</sup>P<sub>6</sub> -4.00 × 10<sup>-1</sup>P<sub>8</sub> 0.00

0と第1, 第2の光ディスクD1, D2とを示すレンズ図である。実施例3の対物レンズ10の具体的な数値構成は、表3に示されている。実施例3の対物レンズ10の第1面12は、光軸からの高さhが0 ≤ h < 1.50を満たす共用領域RCと1.50 ≤ hとなる高NA専用領域REとに区分され、共用領域RCには色収差補正用の回折レンズ構造が形成され、高NA専用領域REには波長により球面収差を変化させる回折レンズ構造が形成されている。また、第2面12は回折レンズ構造を有さない回転対称非球面である。

【0038】

【表3】

13

 $P_{10}$  0.00 $P_{12}$  0.00第1面第2面間隔  $d$  1.80レンズ屈折率  $n_d$  1.5436レンズアッベ数  $v_d$  55.7ディスク屈折率  $n_d$  1.5855ディスクアッベ数  $v_d$  29.9

第2面

近軸曲率半径  $r$  -7.075

非球面係数

 $\kappa$  0.00 $A_4$   $2.61 \times 10^{-2}$  $A_6$   $-7.19 \times 10^{-3}$  $A_8$   $4.83 \times 10^{-4}$  $A_{10}$   $7.91 \times 10^{-5}$  $A_{12}$   $-1.50 \times 10^{-5}$ 

【0039】図11(A)は、実施例3の対物レンズ10の第1の光ディスクD1に対する波長650nmにおける球面収差SAおよび正弦条件SCを示し、図11(B)は、波長650nm, 645nm, 655nmにおける球面収差により表される色収差を示す。第1の光ディスクD1を使用する際には、第1のレーザー光(波長650nm)を平行光(物体距離 $\infty$ )として入射させる。このとき、高NA専用領域REは収差補正機能を発揮するため、共用領域RCを透過したレーザー光と、高NA専用領域REを透過したレーザー光とが共に一点に集光し、第1の光ディスクの記録・再生に十分なサイズの小径のビームスポットを形成する。

【0040】また、図12(A)は、実施例3の対物レンズ10の第2の光ディスクD2に対する波長780nmにおける球面収差SAおよび正弦条件SCを示し、図12(B)は、波長780nm, 775nm, 785nmにおける球面収差により表される色収差を示す。第2の光ディスクD2を使用する際には、第2のレーザー光(波長780nm)を発散光(物体距離-52.0mm)として入射させる。このとき、高NA専用領域REは図12(A)に示すように球面収差を発生させるた

 $NA_1=0.60$   $f_1=3.00$   $\lambda_1=650nm$   $WD_1=1.61$   $OD_1=\infty$  $NA_2=0.46$   $f_2=3.02$   $\lambda_2=780nm$   $WD_2=1.44$   $OD_2=-52.0$ 

第1面

近軸曲率半径  $r$  1.882

非球面係数

 $\kappa$  -0.50 $A_4$   $-3.53 \times 10^{-4}$  $A_6$   $2.62 \times 10^{-5}$  $A_8$   $-1.04 \times 10^{-4}$  $A_{10}$   $3.05 \times 10^{-5}$  $A_{12}$   $-1.56 \times 10^{-5}$ 第1面第2面間隔  $d$  1.80レンズ屈折率  $n_d$  1.5436レンズアッベ数  $v_d$  55.7ディスク屈折率  $n_d$  1.5855

14

め、図13(A)のスポットダイアグラムおよび図13(B)の強度分布グラフに示されるように、共用領域RCを透過したレーザー光のみが中心部に第2の光ディスクD2の利用に適したサイズのビームスポットを形成し、高NA専用領域REを透過したレーザー光はビームスポットから離れた位置で外側に向けて発散する。

【0041】

【実施例4】図14は、実施例4にかかる対物レンズ10と第1、第2の光ディスクD1、D2とを示すレンズ図である。実施例4の対物レンズ10の具体的な数値構成は、表4に示されている。実施例4の対物レンズ10の第1面11は回折レンズ構造を有さない回転対称非球面である。また、第2面12は、光軸からの高さ $h$ が $0 \leq h < 1.20$ を満たす共用領域と $1.20 \leq h$ となる高NA専用領域REとに区分され、共用領域RCは段差のない連続面とされ、高NA専用領域REには波長により球面収差を変化させる回折レンズ構造が形成されている。

【0042】

【表4】

ディスクアッペ数  $\nu_d$  29.9

## 第2面

共用領域( $0 \leq h < 1.20$ )近軸曲率半径  $r$  -7.816

非球面係数

 $\kappa$  0.00A4  $1.66 \times 10^{-2}$ A6  $-3.35 \times 10^{-3}$ A8  $-1.18 \times 10^{-4}$ A10  $1.48 \times 10^{-4}$ A12  $-2.83 \times 10^{-5}$ 高NA専用領域( $1.20 \leq h$ )

ベースカーブ

近軸曲率半径  $r$  -7.439

非球面係数

 $\kappa$  -0.500A4  $1.76 \times 10^{-2}$ A6  $-1.94 \times 10^{-3}$ A8  $-2.73 \times 10^{-4}$ A10  $1.50 \times 10^{-4}$ A12  $-1.69 \times 10^{-5}$ 

回折レンズ構造

光路差関数係数

P<sub>2</sub> 2.70P<sub>4</sub>  $-5.00 \times 10^{-1}$ P<sub>6</sub> -1.23P<sub>8</sub> 0.00P<sub>10</sub> 0.00P<sub>12</sub> 0.00

【0043】図15(A)は、実施例4の対物レンズ10の第1の光ディスクD1に対する波長650nmにおける球面収差SAおよび正弦条件SCを示し、図15(B)は、波長650nm, 645nm, 655nmにおける球面収差により表される色収差を示す。第1の光ディスクD1を使用する際には、第1のレーザー光(波長650nm)を平行光(物体距離 $\infty$ )として入射させる。このとき、高NA専用領域REは収差補正機能を発揮するため、共用領域RCを透過したレーザー光と、高NA専用領域REを透過したレーザー光とが共に一点に集光し、第1の光ディスクの記録・再生に十分なサイズの小径のビームスポットを形成する。

【0044】また、図16(A)は、実施例4の対物レンズ10の第2の光ディスクD2に対する波長780nmにおける球面収差SAおよび正弦条件SCを示し、図16(B)は、波長780nm, 775nm, 785nmにおける球面収差により表される色収差を示す。第2の光ディスクD2を使用する際には、第2のレーザー光(波長780nm)を発散光(物体距離-52.0mm)として入射させる。このとき、高NA専用領域REは図16(A)に示すように球面収差を発生させるため、図17(A)のスポットダイアグラムおよび図17(B)

30 の強度分布グラフに示されるように、共用領域RCを透過したレーザー光のみが中心部に第2の光ディスクD2の利用に適したサイズのビームスポットを形成し、高NA専用領域REを透過したレーザー光はビームスポットから離れた位置で広い範囲に拡散する。

## 【0045】

【実施例5】図18は、実施例5にかかる対物レンズ10と第1、第2の光ディスクD1、D2とを示すレンズ図である。実施例5では、第1のレーザー光は弱い収束光として対物レンズ10に入射している。実施例5の対物レンズ10の具体的な数値構成は、表5に示されている。実施例5の対物レンズ10の第1面11は、光軸からの高さ $h$ が $0 \leq h < 1.18$ を満たす共用領域RCと $1.18 \leq h$ となる高NA専用領域REとに区分され、共用領域RCは段差のない連続面とされ、高NA専用領域REには波長により球面収差を変化させる回折レンズ構造が形成されている。また、第2面12は回折レンズ構造を有さない回転対称非球面である。

## 【0046】

## 【表5】

NA<sub>1</sub>=0.60  $f_1$ =2.33  $\lambda_1$ =650nm WD<sub>1</sub>=1.14 OD<sub>1</sub>=260.0

NA<sub>2</sub>=0.47 f<sub>2</sub>=2.35 λ<sub>2</sub>=780nm WD<sub>2</sub>=0.94 OD<sub>2</sub>=-40.3

## 第1面

共用領域(0 ≤ h < 1.18)

近軸曲率半径 r 1.453

非球面係数

κ -0.500

A4 -2.74 × 10<sup>-4</sup>

A6 1.03 × 10<sup>-3</sup>

A8 -1.19 × 10<sup>-3</sup>

A10 7.79 × 10<sup>-4</sup>

A12 -4.18 × 10<sup>-4</sup>

高NA専用領域(1.18 ≤ h)

ベースカーブ

近軸曲率半径 r 1.437

非球面係数

κ -0.500

A4 -6.58 × 10<sup>-4</sup>

A6 -1.95 × 10<sup>-3</sup>

A8 -5.34 × 10<sup>-4</sup>

A10 2.19 × 10<sup>-4</sup>

A12 -3.10 × 10<sup>-4</sup>

回折レンズ構造

光路差関数係数

P<sub>2</sub> 3.19

P<sub>4</sub> -1.60 × 10<sup>-1</sup>

P<sub>6</sub> -1.87

P<sub>8</sub> 0.00

P<sub>10</sub> 0.00

P<sub>12</sub> 0.00

第1面第2面間隔 d 1.40

レンズ屈折率 nd 1.5436

レンズアッベ数 vd 55.7

ディスク屈折率 nd 1.5855

ディスクアッベ数 vd 29.9

## 第2面

近軸曲率半径 r -6.28

非球面係数

κ 0.00

A4 3.43 × 10<sup>-2</sup>

A6 -6.43 × 10<sup>-3</sup>

A8 -6.84 × 10<sup>-3</sup>

A10 3.75 × 10<sup>-3</sup>

A12 -6.28 × 10<sup>-4</sup>

【0047】図19(A)は、実施例5の対物レンズ10の第1の光ディスクD1に対する波長650nmにおける球面収差SAおよび正弦条件SCを示し、図19(B)は、波長650nm, 645nm, 655nmにおける球面収差により表される色収差を示す。第1の光ディスクD1を使用する際には、第1のレーザー光(波長650nm)を弱い収束光(物体距離260.0nm)として入射させる。このとき、高NA専用領域

REは収差補正機能を発揮するため、共用領域RCを透過したレーザー光と、高NA専用領域REを透過したレーザー光とが共に一点に集光し、第1の光ディスクの記録・再生に十分なサイズの小径のビームスポットを形成する。

【0048】また、図20(A)は、実施例5の対物レンズ10の第2の光ディスクD2に対する波長780nmにおける球面収差SAおよび正弦条件SCを示し、図20(B)



は、波長780nm, 775nm, 785nmにおける球面収差により表される色収差を示す。第2の光ディスクD2を使用する際には、第2のレーザー光(波長780nm)を発散光(物体距離-40.3mm)として入射させる。このとき、高NA専用領域REは図20(A)に示すように球面収差を発生させるため、図21(A)のスポットダイアグラムおよび図21(B)の強度分布グラフに示されるように、共用領域RCを透過したレーザー光のみが中心部に第2の光ディスクD2の利用に適したサイズのビームスポットを形成し、高NA専用領域REを透過したレーザー光はビームスポットから離れた位置で広い範囲に発散する。

#### 【0049】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、光ディスクの保護層の厚さに応じて対物レンズに入射するレーザー光の発散度合いを変化させることにより、保護層の厚い光ディスクに対しても十分な作動距離を確保することができるため、対物レンズの焦点距離を短くして装置の薄型化を図ることができる。

【0050】また、対物レンズの高NA専用領域に、波長に応じて収差が変化する回折レンズ構造を設けることにより、大きな開口数が必要な光ディスクに対しては共用領域と高NA専用領域とを透過したレーザー光を共に一点に集光させ、小さな開口数で十分な光ディスクに対しては、高NA専用領域を透過したレーザー光を拡散させることができる。したがって、絞り等の別部品を設けることなく、記録密度の異なるそれぞれの光ディスクに応じて波長を切り替えることにより、各光ディスクに適した開口数を得ることができ、適正なサイズのスポットを形成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 実施形態にかかる光ヘッドの光学系を示す説明図。

【図2】 実施形態にかかる光ヘッド用対物レンズの(A)正面図、(B)縦断面図、(C)縦断面の一部拡大図。

【図3】 実施例1の光ヘッド用対物レンズと光ディスクとを示すレンズ図。

【図4】 実施例1の対物レンズの第1の光ディスク使用時の(A)球面収差、(B)色収差をそれぞれ示すグラフ。

【図5】 実施例1の対物レンズの第2の光ディスク使用時の(A)球面収差、(B)色収差をそれぞれ示すグラフ。

【図6】 実施例1の対物レンズの第2の光ディスク使用時の(A)スポットダイアグラム、(B)強度分布グラフ。

【図7】 実施例2の対物レンズの第1の光ディスク使用時の(A)球面収差、(B)色収差をそれぞれ示すグラフ。

【図8】 実施例2の対物レンズの第2の光ディスク使用時の(A)球面収差、(B)色収差をそれぞれ示すグラフ。

【図9】 実施例2の対物レンズの第2の光ディスク使用時の(A)スポットダイアグラム、(B)強度分布グラフ。

【図10】 実施例3の光ヘッド用対物レンズと光ディスクとを示すレンズ図。

【図11】 実施例3の対物レンズの第1の光ディスク使用時の(A)球面収差、(B)色収差をそれぞれ示すグラフ。

【図12】 実施例3の対物レンズの第2の光ディスク使用時の(A)球面収差、(B)色収差をそれぞれ示すグラフ。

【図13】 実施例3の対物レンズの第2の光ディスク使用時の(A)スポットダイアグラム、(B)強度分布グラフ。

【図14】 実施例4の光ヘッド用対物レンズと光ディスクとを示すレンズ図。

【図15】 実施例4の対物レンズの第1の光ディスク使用時の(A)球面収差、(B)色収差をそれぞれ示すグラフ。

【図16】 実施例4の対物レンズの第2の光ディスク使用時の(A)球面収差、(B)色収差をそれぞれ示すグラフ。

【図17】 実施例4の対物レンズの第2の光ディスク使用時の(A)スポットダイアグラム、(B)強度分布グラフ。

【図18】 実施例5の光ヘッド用対物レンズと光ディスクとを示すレンズ図。

【図19】 実施例5の対物レンズの第1の光ディスク使用時の(A)球面収差、(B)色収差をそれぞれ示すグラフ。

【図20】 実施例5の対物レンズの第2の光ディスク使用時の(A)球面収差、(B)色収差をそれぞれ示すグラフ。

【図21】 実施例5の対物レンズの第2の光ディスク使用時の(A)スポットダイアグラム、(B)強度分布グラフ。

#### 【符号の説明】

10 対物レンズ

11 第1面

12 第2面

D1 第1の光ディスク

D2 第2の光ディスク

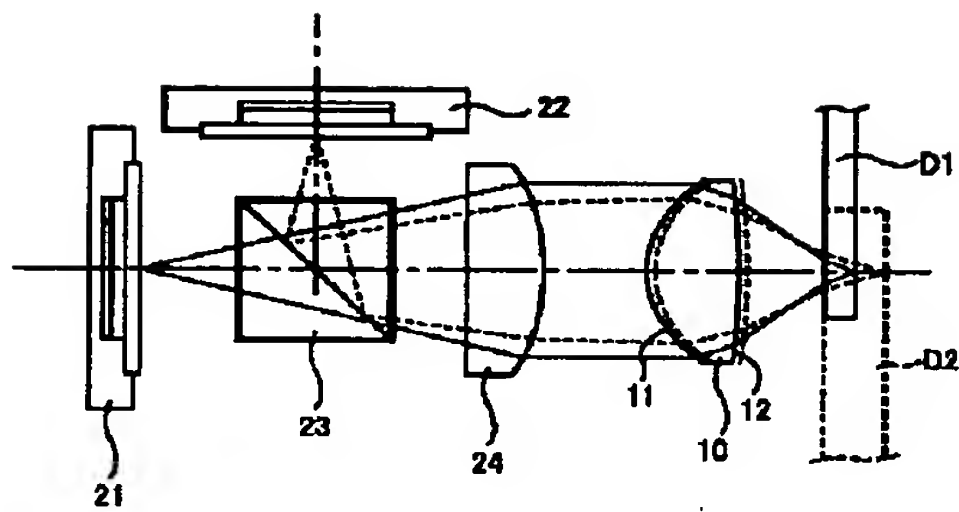
21 DVD用モジュール

22 CD用モジュール

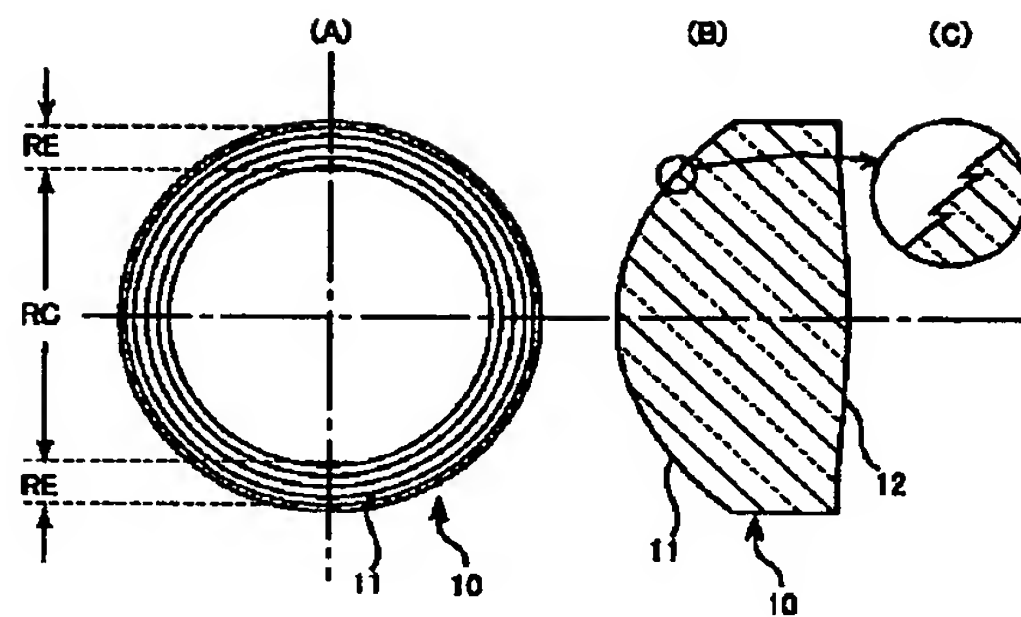
23 ビームコンバイナ

24 コリメートレンズ

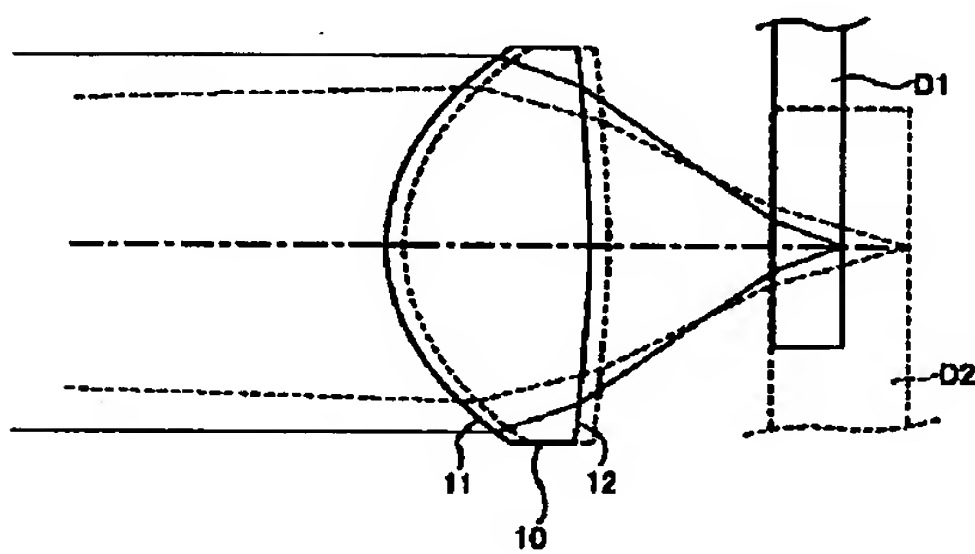
【図1】



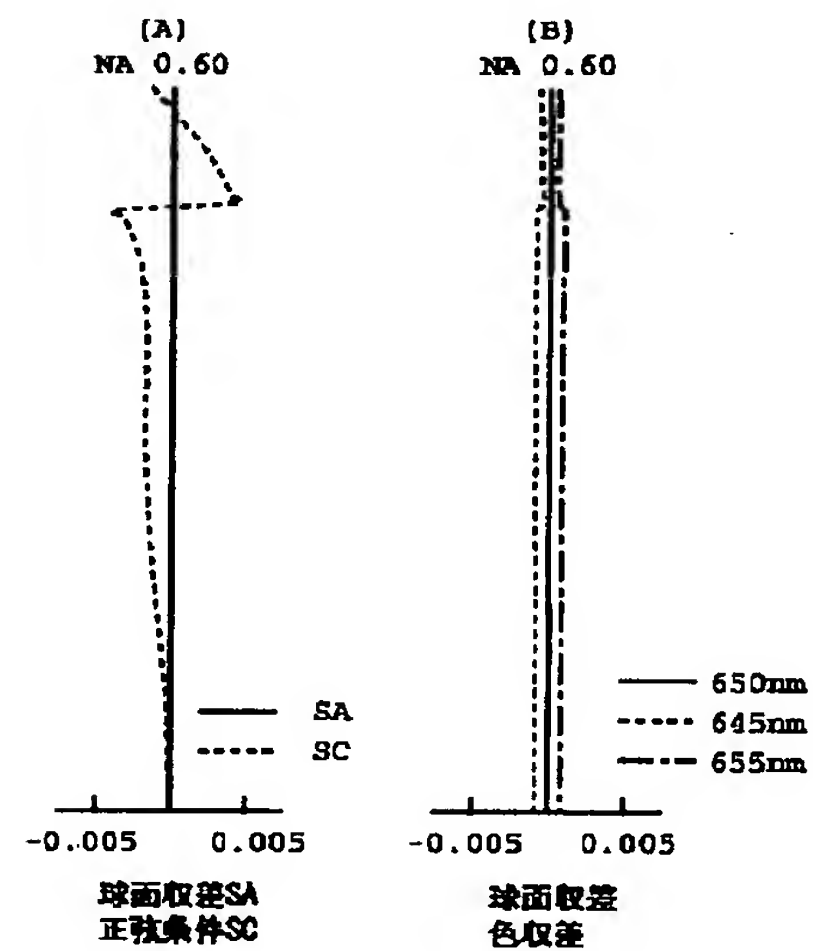
【図2】



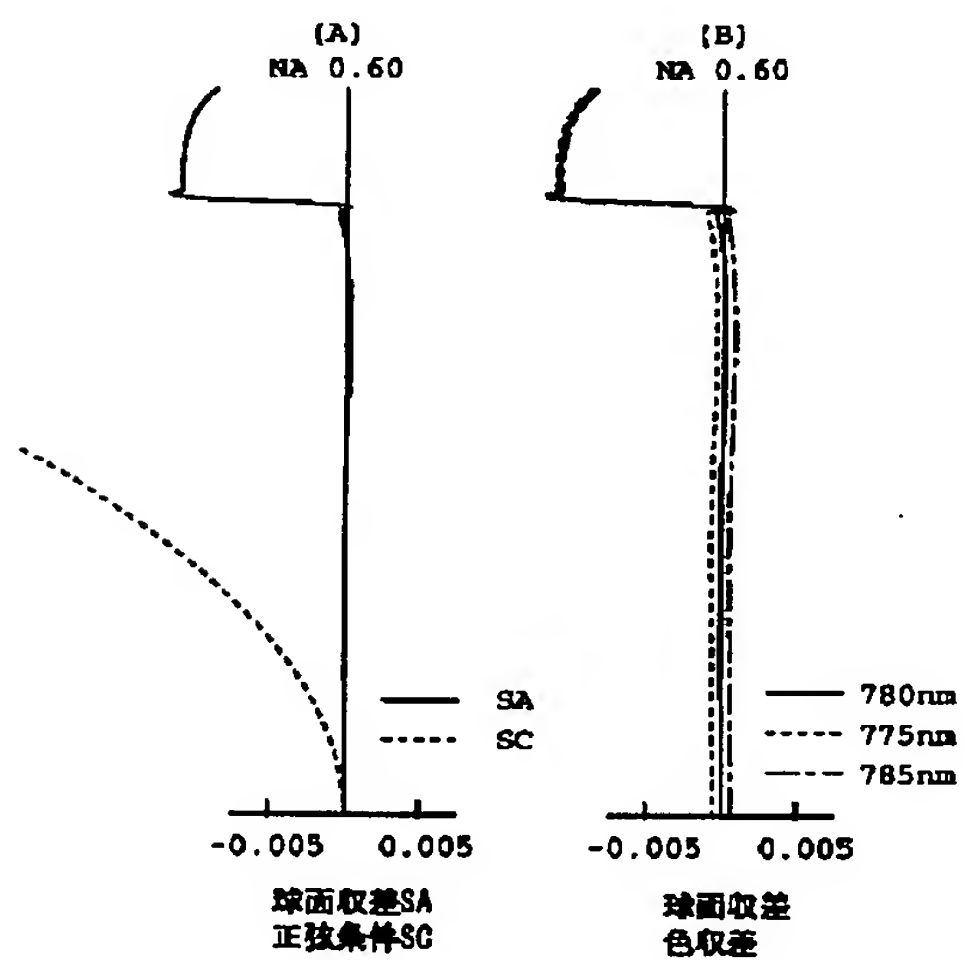
【図3】



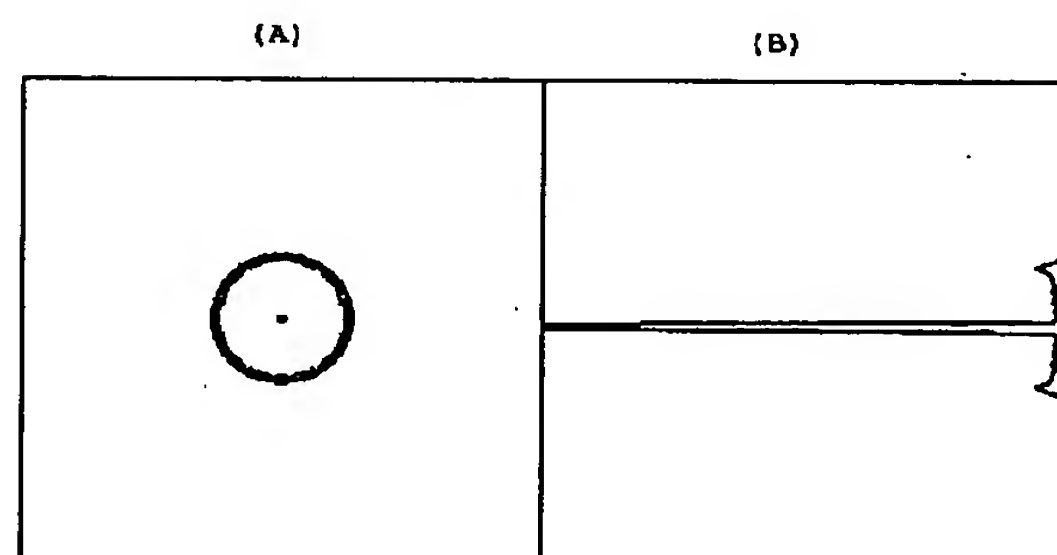
【図4】



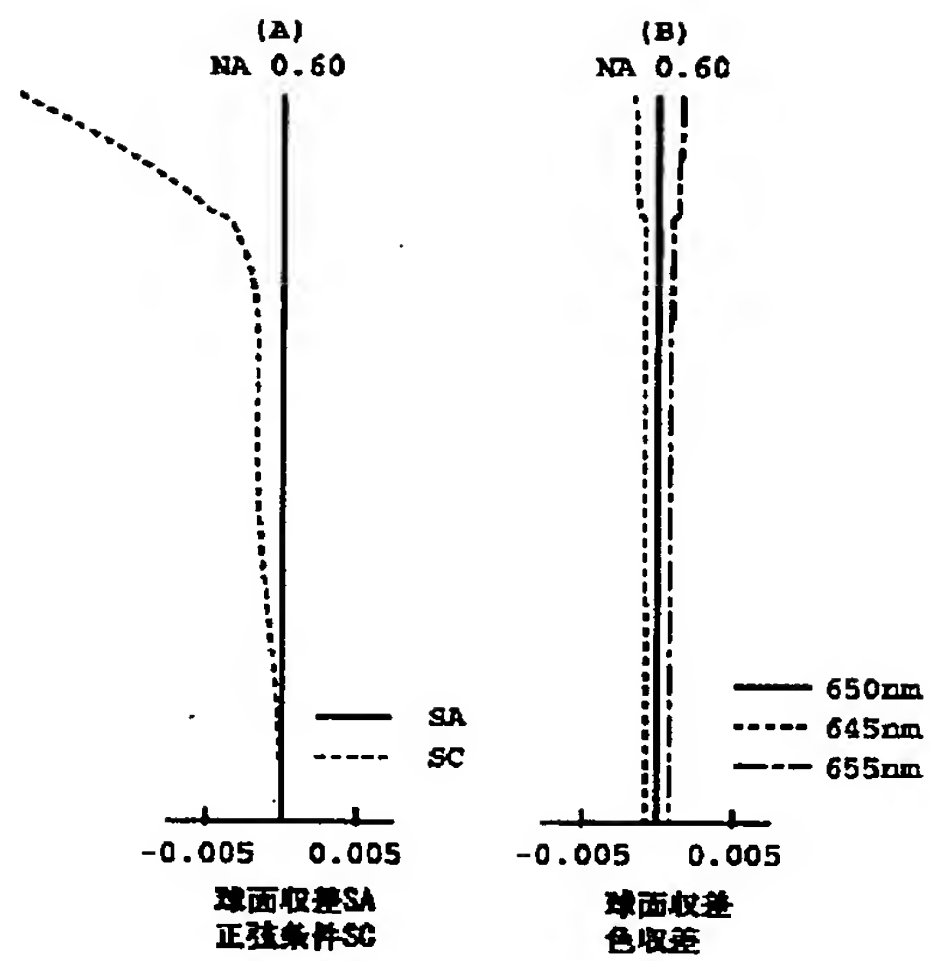
【図5】



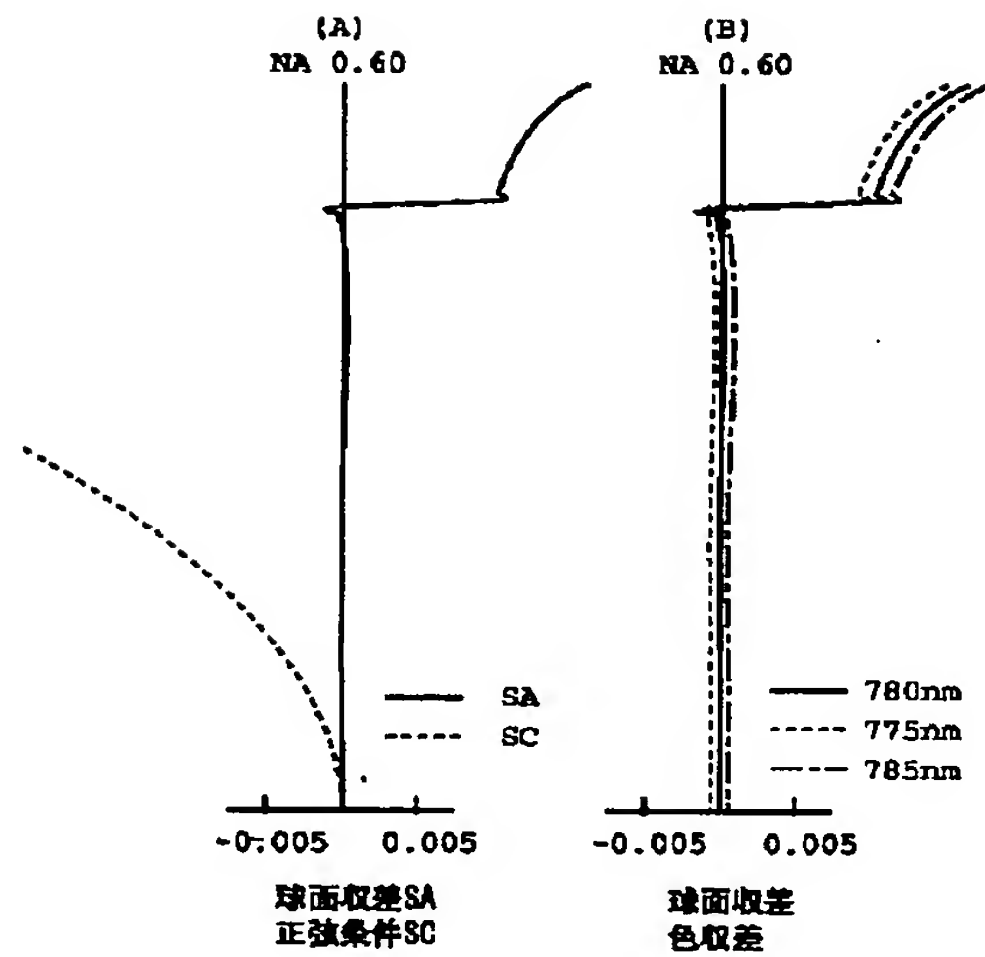
【図6】



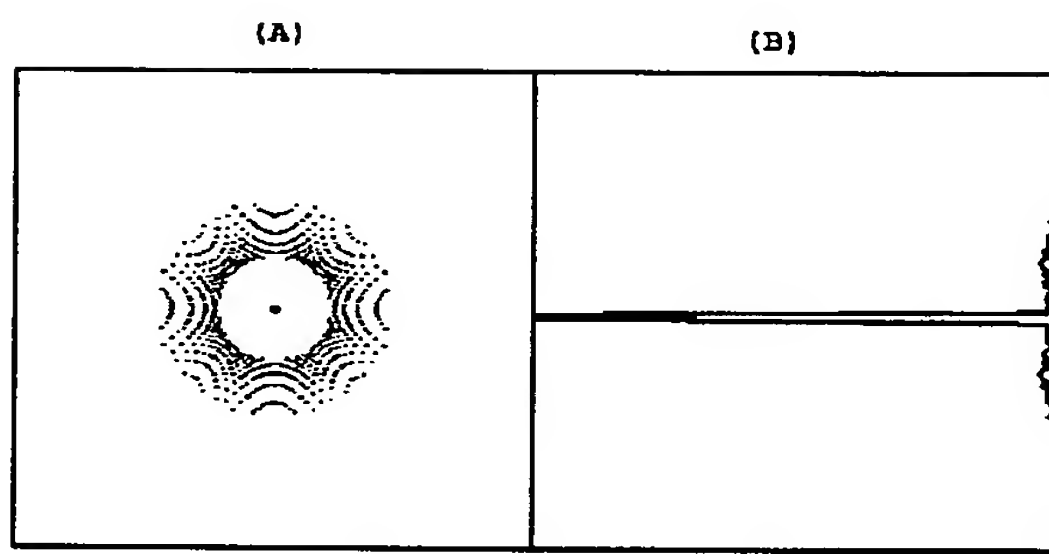
【図7】



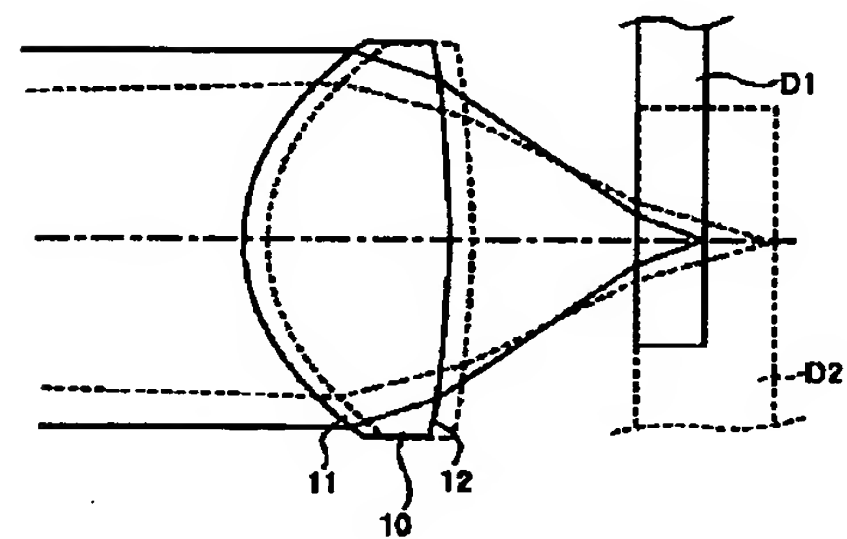
【図8】



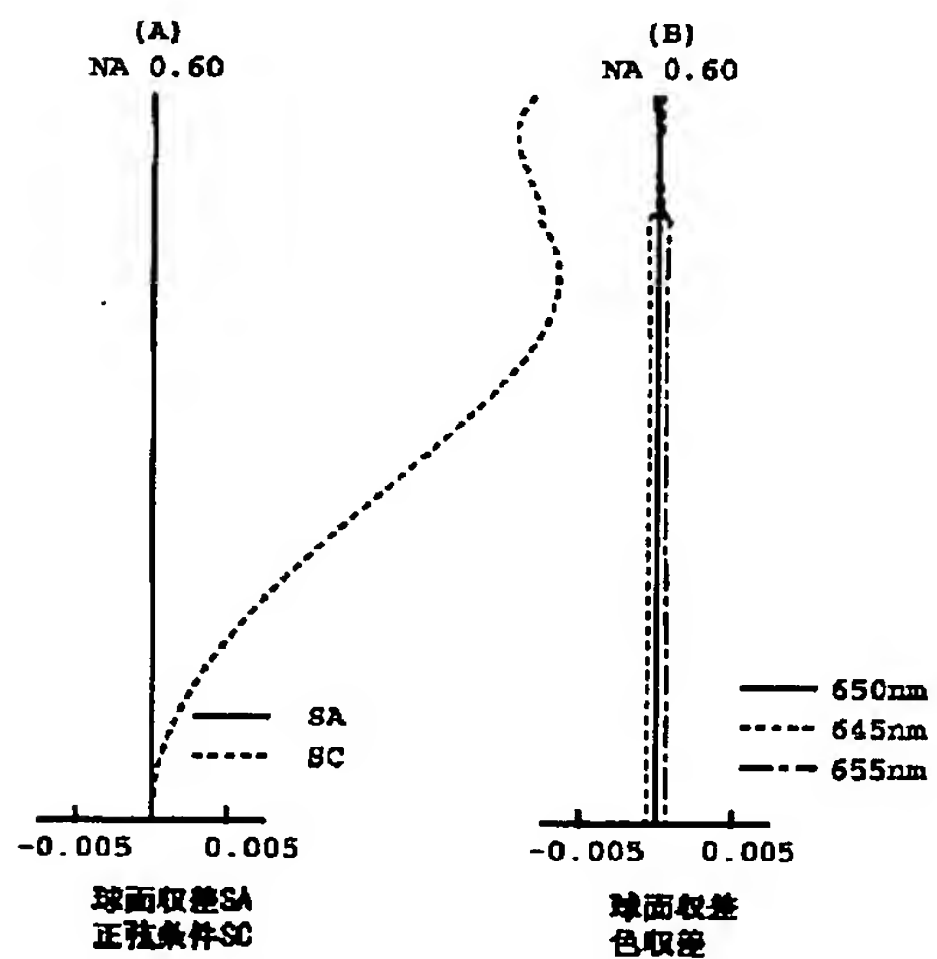
【図9】



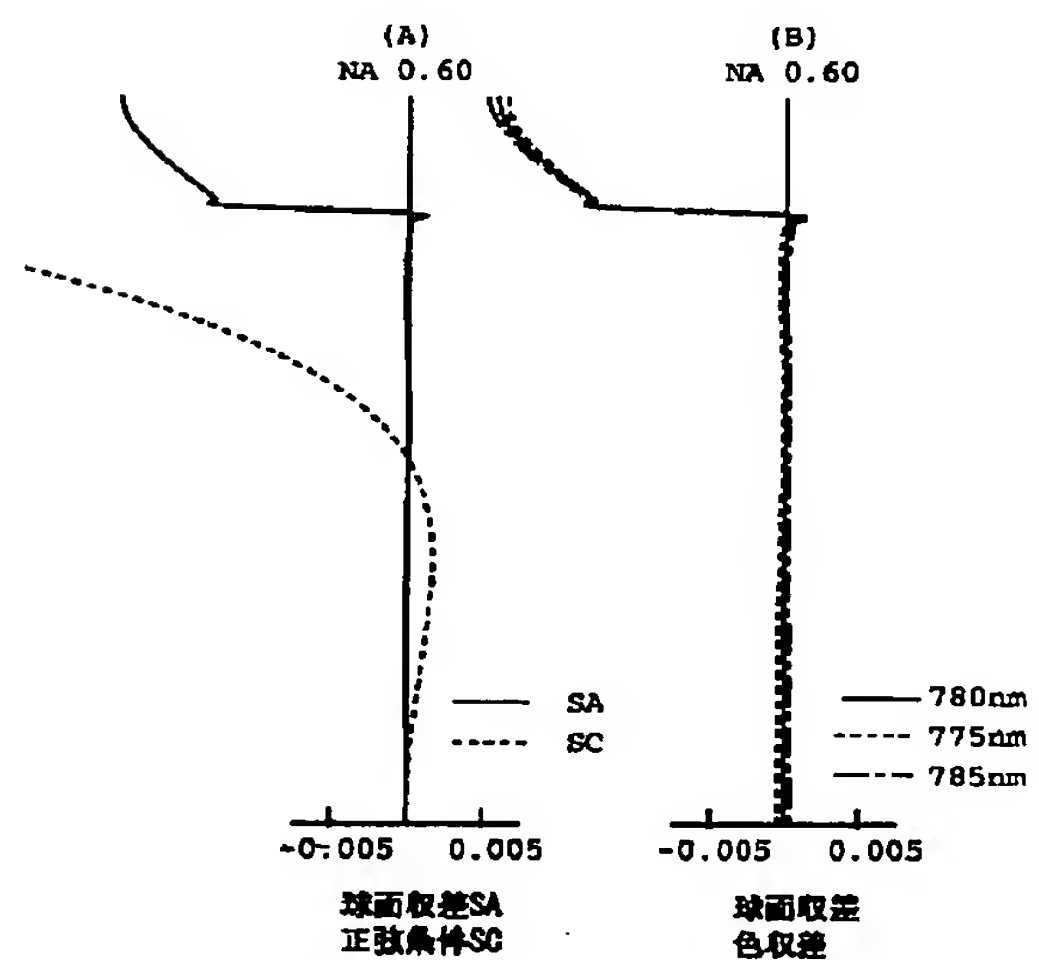
【図10】



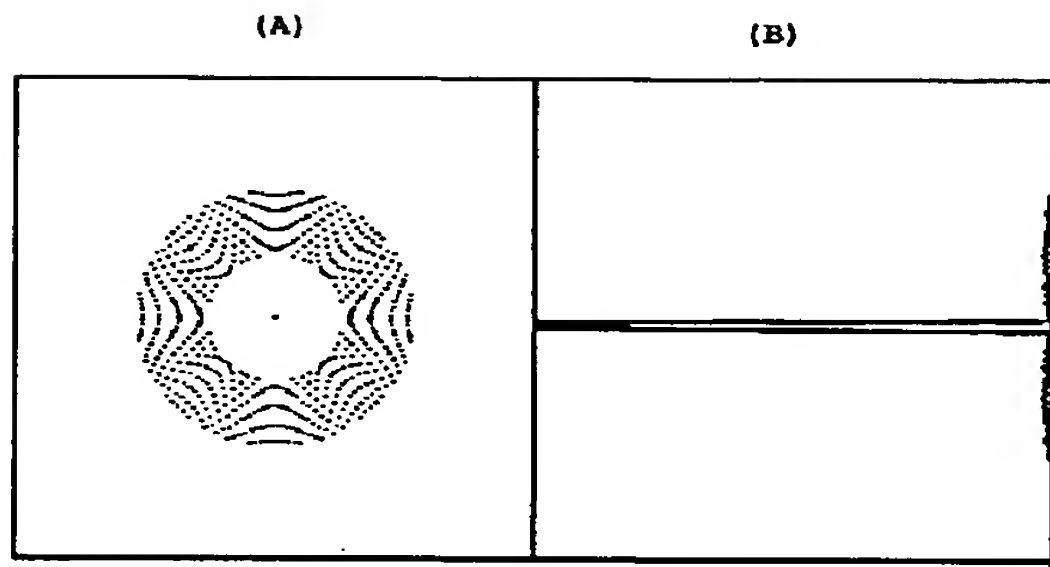
【図11】



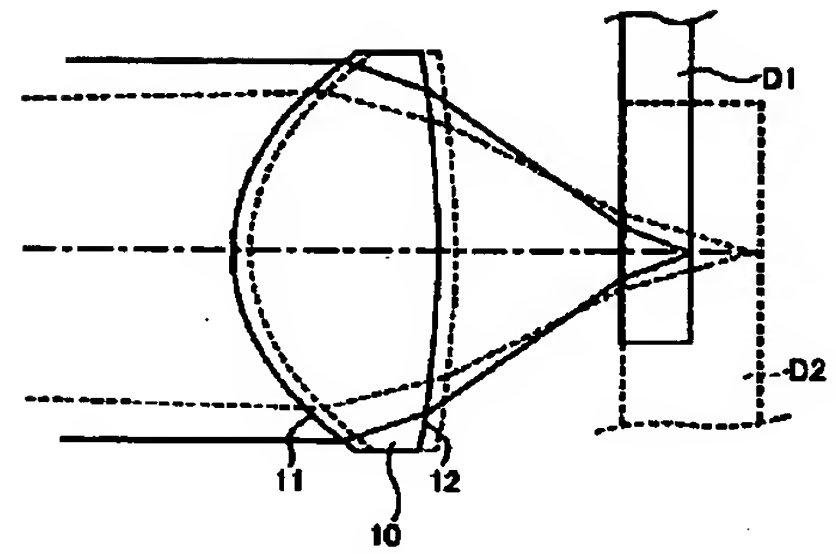
【図12】



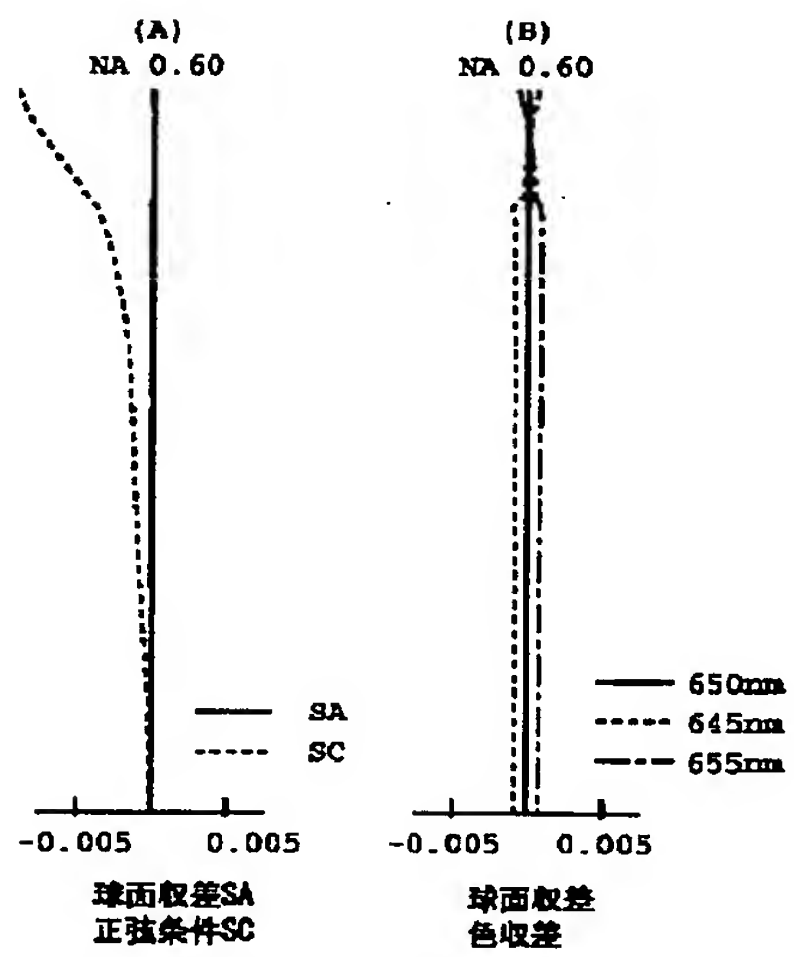
【図13】



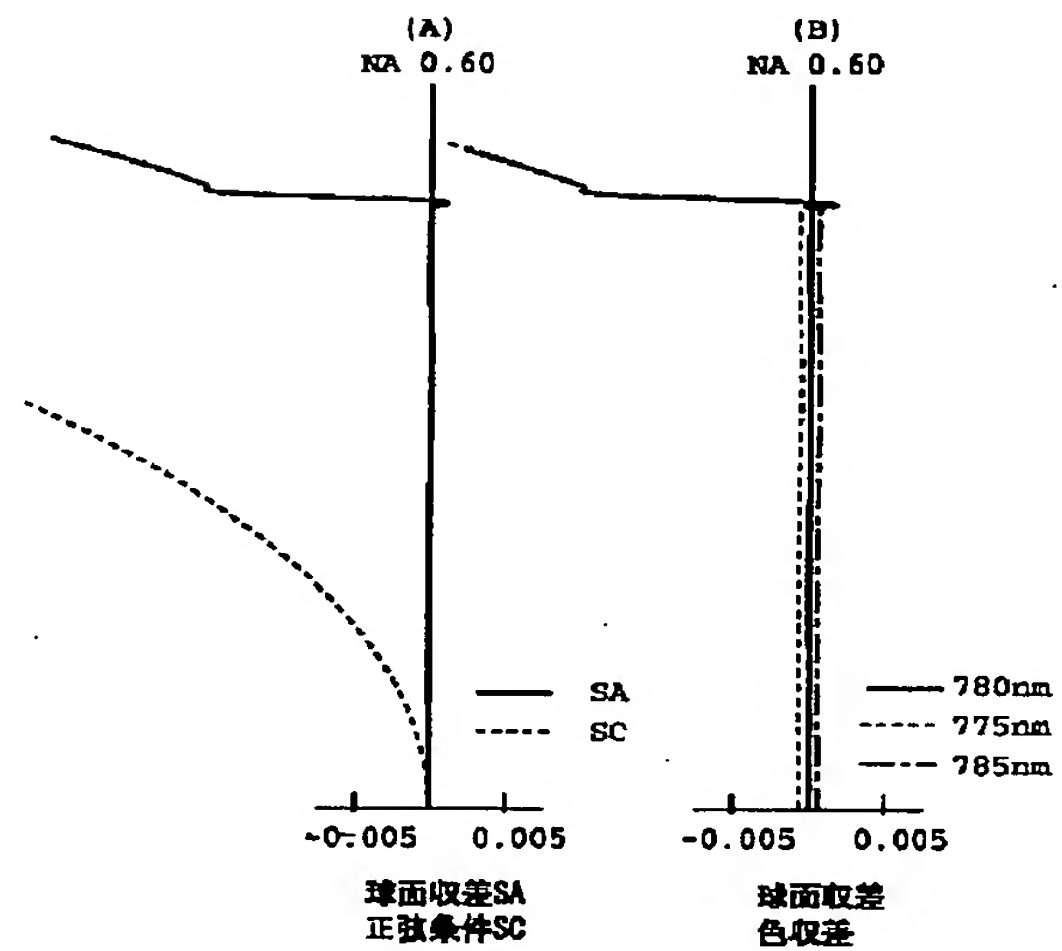
【図14】



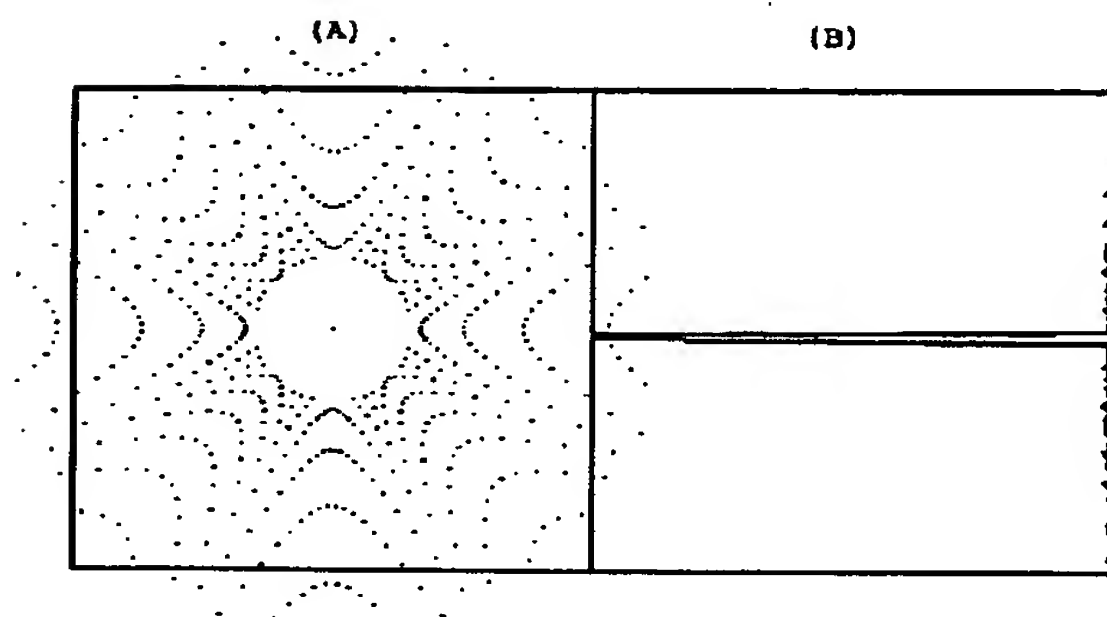
【図15】



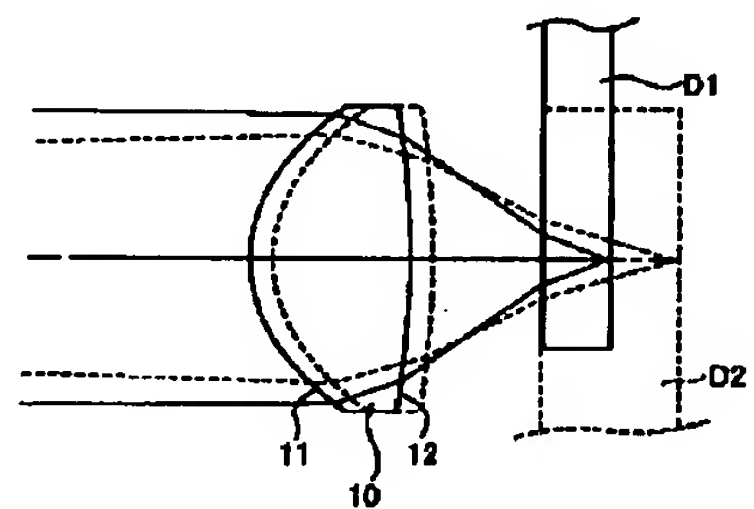
【図16】



【図17】

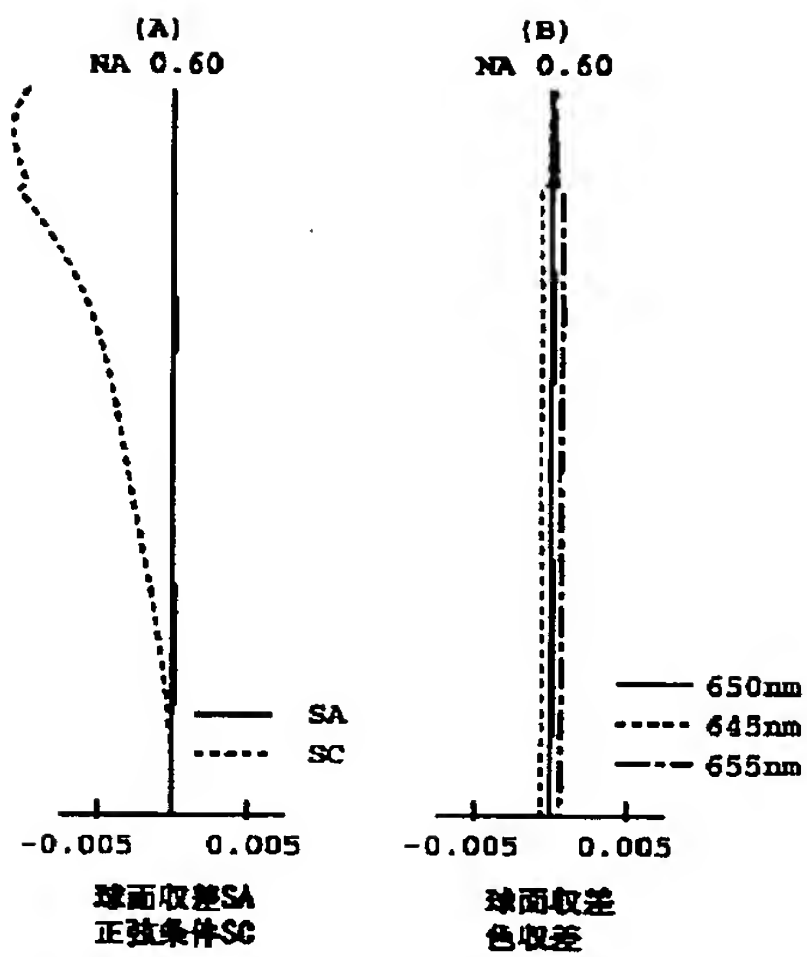


【図18】

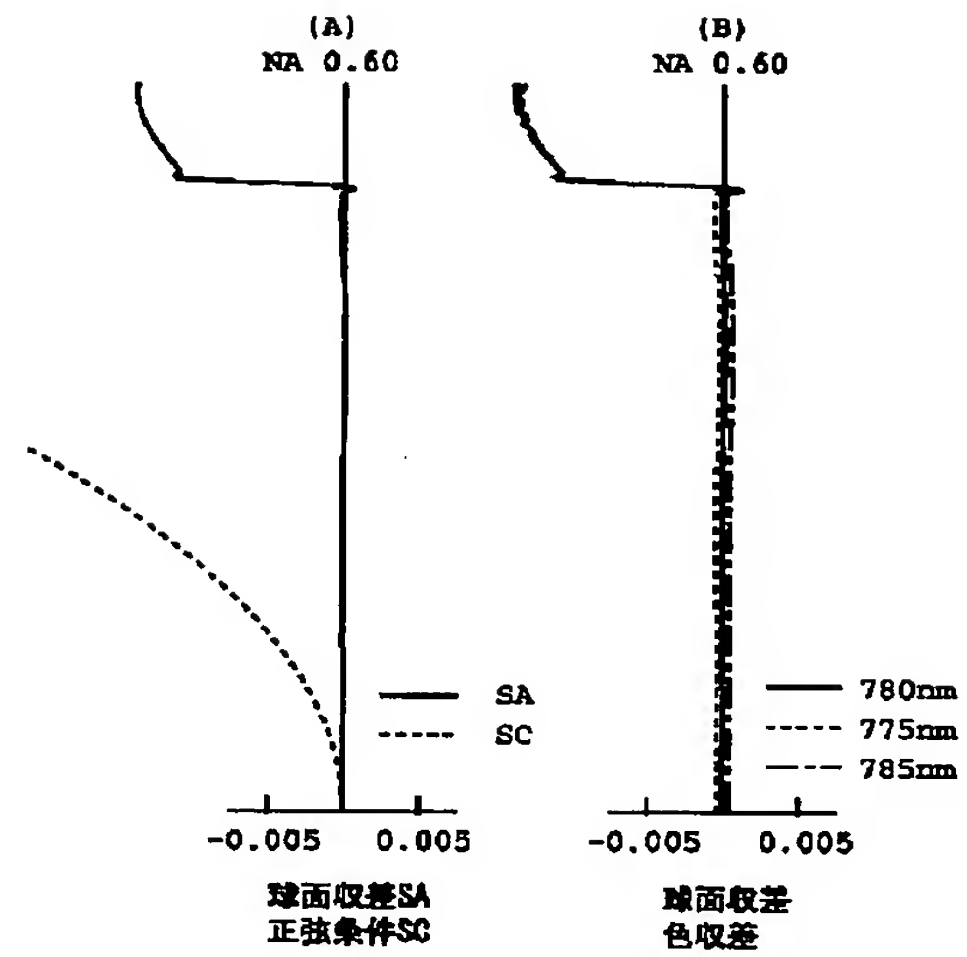




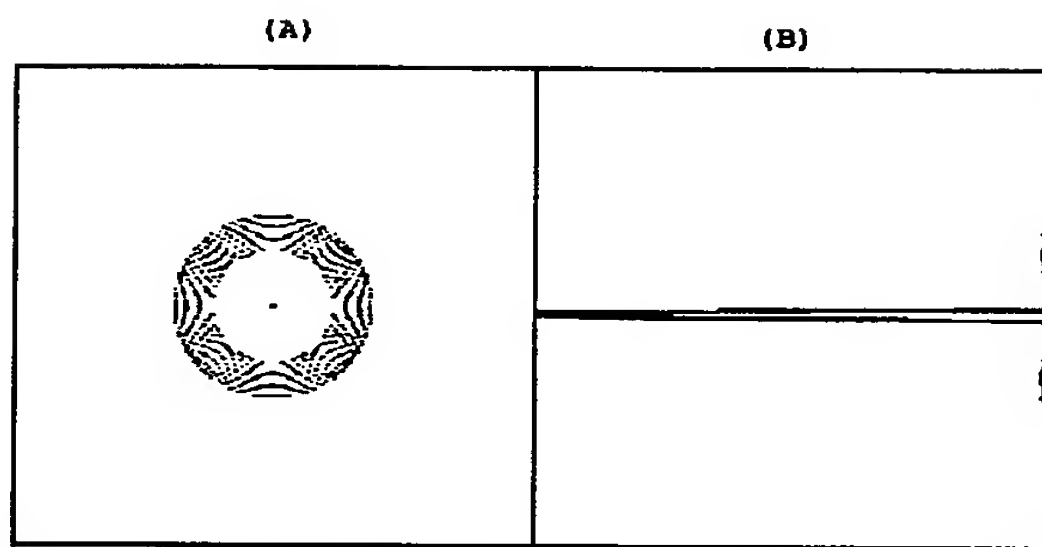
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. 7

G 0 2 B 13/00

13/18

識別記号

F I

G 0 2 B 13/00

13/18

テーマコード (参考)

Fターム(参考) 2H049 AA04 AA18 AA57

2H087 KA13 LA01 PA01 PA17 PB01

QA02 QA07 QA14 QA34 RA05

RA12 RA13 RA42 RA46

5D119 AA01 AA03 AA41 BA01 BB01

BB02 BB04 EC45 EC47 FA08

JA44